

**Olimpiade Sains Nasional
Eksperimen Fisika
Tingkat Sekolah Menengah Atas
Agustus 2008
Waktu: 4 jam**

Petunjuk umum

1. Hanya ada satu soal eksperimen, namun terdiri atas dua bagian
2. Sebaiknya anda mengerjakan eksperimen ini secara ber-urutan.
3. Bobot per bagian diberikan pada akhir setiap bagian.
4. Nilai total test eksperimen adalah 10.

Bandul Fisis

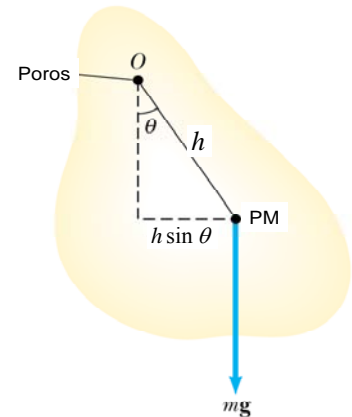
Bandul fisis adalah bandul yang berosilasi secara bebas pada suatu sumbu tertentu dari suatu benda rigid (kaku) sembarang. Berbeda dengan bandul matematis, pada bandul fisis tidak bisa mengabaikan bentuk, ukuran dan massa benda.

Jika sebuah benda digantungkan pada suatu poros O, kemudian diberi simpangan θ dan dilepaskan, maka benda itu akan berosilasi karena adanya *torka pulih* sebesar $-mgh \sin \theta$ (lihat gambar 1) dengan :

mg : gaya berat,

$h \sin \theta$: lengan,

h : jarak antara poros ke pusat massa PM



Jika redaman diabaikan, maka persamaan gerak dari sistem bandul fisis ini adalah:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mgh \sin \theta \quad (1)$$

dengan I : momen inersia benda rigid dihitung terhadap titik poros.

Gambar 1. Torka pulih

Jika benda itu diberi simpangan kecil θ , maka $\sin \theta \approx \theta$, sehingga persamaan gerak berubah menjadi:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mgh}{I} \theta = 0. \quad (2)$$

Solusi dari persamaan ini adalah: $\theta = \theta_0 \sin \omega t$, dengan $\omega = \sqrt{\frac{mgh}{I}}$ atau perioda osilasi adalah sebesar:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}}. \quad (3)$$

Dengan melakukan eksperimen bandul fisis, ada 3 hal yang diperoleh yaitu :

- dapat menentukan momen inersia benda,
- dapat mempelajari dalil sumbu sejajar untuk momen inersia
- dapat menentukan momen inersia di pusat massa

Menurut dalil sumbu sejajar, momen inersia benda adalah:

$$I = I_{pm} + mh^2, \text{ dimana adalah } I_{pm} = mk^2 \quad (4)$$

dengan I_{pm} : momen inersia terhadap pusat massa, $I_{pm} = \frac{1}{12} ml^2$ untuk batang homogen

k : jari-jari girasi terhadap titik pusat massa.

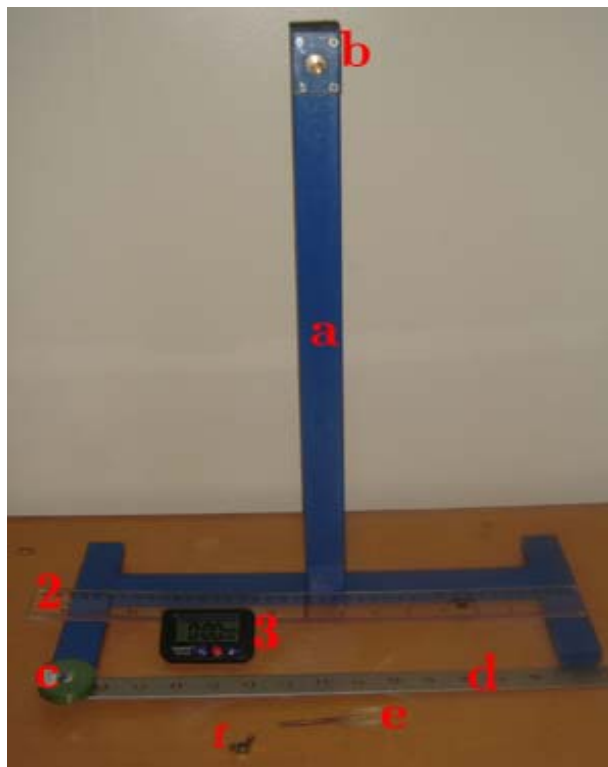
Catatan

- a. Pastikan bahwa alat yang anda terima merupakan peralatan bandul fisis secara komplit, seperti yang ditunjukkan pada daftar berikut ini. Jika anda menemukan ada kekurangan, segera beritahu ke pengawas.
- b. Dalam melakukan eksperimen ini, anda harus cermat dalam menempatkan kedudukan bandul fisis dan porosnya. Perhatikan bandul fisis saat berayun harus dengan redaman yang minimal, yaitu dengan ayunan minimal sebanyak 20 kali. Semua peralatan ini sudah dicoba kelaikannya, namun jika anda mendapat alat yang tidak dapat berayun dengan baik, maka anda bisa minta ganti ke pengawas, namun anda tidak diberikan tambahan waktu.

Peralatan yang digunakan

1. Satu set peralatan bandul fisis :
 - a. Statif,
 - b. Poros,
 - c. Beban silinder,
 - d. Batang berlubang,
 - e. Pen,
 - f. Baut kupu-kupu
2. Mistar yang digunakan untuk menentukan jarak antar poros ke beban, dan sudut,
3. Stopwatch,
4. Kertas grafik (millimeter block).

Set peralatan bandul fisis ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini :



Gambar 2, Set peralatan bandul fisis.

Eksperimen dibagi menjadi dua cara menentukan momen inersia pusat massa, yaitu:

- I. Bandul fisis tanpa beban,
- II. Bandul fisis dengan beban.

I. Bandul Fisis Tanpa Beban

Dalam eksperimen ini anda diminta mengayunkan batang berlubang (ada 17 lubang) untuk berbagai posisi poros. Batang pada satu poros jika diberi simpangan akan berosilasi dengan

perioda sebesar $T = 2\pi\sqrt{\frac{k^2 + h^2}{gh}}$ (dapat dicari dari persamaan 3 dan 4).

Jika perioda bandul fisis ekuivalen dengan perioda bandul matematis $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, maka

panjang ekuivalen bandul fisis adalah $l = h + \frac{k^2}{h}$. Persamaan ini dapat diganti menjadi persamaan kuadrat, yaitu:

$$h^2 - hl + k^2 = 0 \quad (5)$$

Solusi dari persamaan kuadrat ini memiliki 2 nilai h (yaitu $h = h_1$ dan $h = h_2$) yang artinya perioda osilasi untuk kedua nilai h bernilai sama.

Dari persamaan kuadrat ditunjukkan bahwa $h_1 + h_2 = l$ dan $h_1 h_2 = k^2$. Jika titik O' berjarak $h_2 = \frac{k^2}{h_1}$ dari pusat massa, maka akan memiliki perioda osilasi yang sama untuk titik poros O yang berjarak h_1 , sehingga jarak OO' merupakan panjang ekuivalen bandul matematis (l).

Momen inersia bandul di titik pusat massa dapat dicari, $I_{pm} = mk^2$ dan percepatan gravitasi juga dapat dicari, $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$.

Catatan

Dengan menganggap batang adalah homogen, maka letak titik pusat massa berada di tengah-tengah batang. Jika poros bandul berada di pusat massa, maka perioda osilasi = ∞ , untuk itu disarankan jangan melakukan eksperimen di sekitar pusat massa.

II. Bandul Fisis Dengan Beban

Pada dasarnya eksperimen ini sama dengan eksperimen sebelumnya (I), hanya cara perhitungannya saja yang diubah. Sama seperti pada eksperimen sebelumnya, anda diminta mengayunkan batang berlubang yang telah diberi tambahan beban pada satu lubang (lubang terluar). Periode osilasinya tetap menggunakan persamaan yang sama, yaitu:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{(m+M)gh}}$$

Hanya saja letak titik pusat massa berubah, menjadi:

$$X_{pm} = \frac{m \times \frac{1}{2}l + Ma}{m + M}$$

dengan a : jarak ujung batang ke pusat massa beban tambahan,

M : massa beban tambahan.

Dengan mengukur periode pada dua titik poros berbeda dapat dicari percepatan gravitasi g ,

yaitu $g = \frac{4\pi^2(h_1^2 - h_2^2)}{T_1^2 h_1 - T_2^2 h_2}$, dengan T_1 dan T_2 adalah periode osilasi pada bandul fisis pada

masing-masing jarak h_1 dan h_2 dari pusat massa.

Tujuan

1. Mengamati ayunan fisis,
2. Menentukan momen inersia batang dan hubungannya dengan periode osilasi,
3. Menentukan koefisien restitusi dari bola pendulum.
4. Menentukan percepatan gravitasi bumi.

Langkah-langkah Eksperimen

I. Bandul Fisis Tanpa Beban

Aturlah peralatan bandul fisis agar kokoh/stabil, jaga letak statif (tidak dipindahkan) agar tidak terjadi osilasi tambahan.

- I.1. Catat massa batang dan jarak lubang dari salah satu ujung batang. Namakan masing-masing lubang itu adalah titik A, B, C, ...Q .
- I.2. Pasangkan lubang terluar (titik A) dari batang pada as poros. Perhatikan cara menghubungkan poros dengan batang yaitu dengan memutar bautnya dan masukkan pen ke lubang drat poros (lihat Gambar 3).



Gambar 3, Cara memasang bandul pada poros.

- I.3. Rentangkan batang dengan sudut simpangan kecil (usahakan tidak lebih dari 30°) dan lepaskan batang tersebut. Biarkan batang berosilasi.
- I.4. Setelah berosilasi cukup stabil, baru lakukan pengukuran waktu untuk 20 kali osilasi (ayunan) dan hitung perioda osilasinya (T).
- I.5. Ulangi pengukuran perioda untuk titik-titik lainnya (jarak d yang berbeda) dan catat hasil pengukuran anda dalam format tabel yang tersedia.
- I.6. Buat plot kurva perioda terhadap jarak. Buatlah plot itu secara *smooth* (mulus, tidak patah-patah).
- I.7. Tentukan perioda minimum, yaitu pada saat $h = k =$ jari-jari girasi. Selanjutnya tentukan jarak antar perioda minimum, jari-jari girasi dan momen inersia pada pusat massa.
- I.8. Dari plot kurva ini, tentukan panjang ekuivalen bandul matematis dari sistem ini. Jelaskan cara anda menentukan panjang ekuivalen tsb (untuk satu perioda yang sama terdapat dua nilai), kecuali untuk perioda yang minimum.
- I.9. Buat tabel perioda (format tabel tersedia) terhadap panjang ekuivalen (minimum 7 nilai yang berbeda) dan perhitungan percepatan gravitasi (berikut error-nya)
- I.10. Selanjutnya tentukan percepatan gravitasi dengan metoda ini.

II. Bandul Fisis Dengan Beban

- II.1. Catat massa batang dan massa beban tambahan.
- II.2. Pasang beban pada batang di lubang terjauh (titik Q), dan tentukan titik pusat massa sistem.
- II.3. Pasangkan lubang terluar (titik A) dari batang pada as poros dan ukur jarak dari poros ke titik pusat massa (h). Simpangkan bandul itu (kurang dari 30°) dan catat waktu yang diperlukan untuk 20 kali osilasi. Hitung momen inersia sistem (I), dan momen inersia pusat massa (I_{pm}).
- II.4. Ulangi langkah II.3 untuk lubang lainnya dan hitung percepatan gravitasi. Catat hasil pengukuran dan perhitungan pada format tabel yang tersedia.
- II.5. Hitung momen inersia pusat massa dan percepatan gravitasi (berikut *error*-nya).
- II.6. Buat kurva I vs h^2 , dan tentukan I_{pm} berdasarkan grafik. Bandingkan hasilnya dengan perhitungan II.5.

Selamat Berkompetisi !!!

Lembar Pengamatan:**Nama:****No Peserta:****Asal Sekolah:****Provinsi:****I. Bandul Fisis Tanpa Beban (total nilai 5)**I.1. Massa batang, $m = \dots\dots$ Jarak antar lubang, $j = \dots\dots \pm \dots\dots$ I.5. Tabel 1, Pengamatan I (Bandul fisis tanpa beban) (*nilai 1*)

No	Lubang	Jarak d (m)	$20 T$ (s)	T (s)
1	A			
2	B			
3	C			
4	D			
5	E			
6	F			
7	G			
8	H			
9	I			
10	J			
11	K			
12	L			
13	M			
14	N			
15	O			
16	P			
17	Q			

I.6. Kurva T vs d (di kertas grafik) (**1 poin**)

Jangan lupa cantumkan besaran dan satuan pada grafik!

I.7. Cara menentukan perioda minimum dari grafik adalah: (**nilai 0,5**)

.....
.....
.....
.....
.....

Cara menentukan jari-jari girasi dari grafik adalah:

.....
.....
.....
.....
.....

Cara menentukan momen inersia pusat massa dari grafik adalah:

.....
.....
.....
.....
.....

Dari grafik diperoleh: (**jangan lupa tulis satuannya**)

Perioda minimum, $T_{\min} = \dots \pm \dots$

I.8. Cara menentukan panjang ekuivalen bandul matematis dari sistem ayunan fisis ini adalah: (**nilai 0,5**)

.....
.....
.....
.....
.....

I.9. Tabel penentuan panjang ekuivalen l (l_1 : panjang ekuivalen untuk penentuan pertama, l_2 : panjang ekuivalen untuk penentuan kedua) dihitung dari grafik T vs d (**nilai 1**)

Tabel 2, Periode bandul dan panjang ekivalen

No	T (s)	l_1 (m)	l_2 (m)	$l = \frac{1}{2}(l_1 + l_2)$ (m)	$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ (m/s ²)	Δg (m/s ²)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Rata-rata:						

I.10. Percepatan gravitasi, $g = \dots \pm \dots \text{ m/s}^2$ (*nilai 1*)

Jari-jari girasi, $k = \dots \pm \dots \text{ m}$

Momen inersia pusat massa, $I_{pm} = \dots \pm \dots \text{ kg m}^2$

Perlu diingat bahwa dalam menghitung error pada I_{pm} terdapat perambatan kesalahan

II. Bandul Fisis Dengan Beban (*total nilai 5*)

II.1. Massa batang, $m = \dots$

Massa beban tambahan, $M = \dots$

II.2. Titik pusat massa, $X_{pm} = \dots$ (*nilai 1*)

II.4. Tabel pengamatan dan perhitungan (*nilai 1*)

No	Lubang	h (m)	$20 T$ (s)	T (s)	I (kg m ²)	I_{pm} (kg m ²)	ΔI_{pm} (kg m ²)	g (m/s ²)	Δg (m/s ²)
1	A								
2	B								
3	C								
4	D								
5	E								
6	F								
7	G								
8	H								
9	I								
10	J								
11	K								
12	L								
13	M								
14	N								
15	O								
16	P								
Rata-rata:									

II.5. Momen inersia pusat massa, $I_{pm} = \dots \pm \dots$

Percepatan gravitasi, $g = \dots \pm \dots$

II.6. Buat grafik I vs h^2 , nyatakan satuan untuk masing-masing sumbu.

Dari grafik diperoleh momen inersia pusat massa adalah: $I_{pm} = \dots$ (tidak perlu perhitungan error-nya)